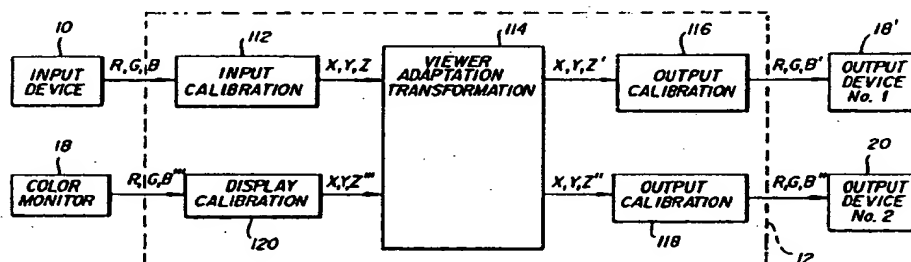




INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

| | | |
|--|-----------|---|
| (51) International Patent Classification ⁵ : H04N 1/46 | A1 | (11) International Publication Number: WO 92/17982 (43) International Publication Date: 15 October 1992 (15.10.92) |
| (21) International Application Number: PCT/US92/02573 (22) International Filing Date: 31 March 1992 (31.03.92) (30) Priority data: 678,485 1 April 1991 (01.04.91) US (71) Applicant: EASTMAN KODAK COMPANY [US/US]; 343 State Street, Rochester, NY 14650 (US). (72) Inventor: STATT, David, John ; 6 Amberly Circle, Rochester, NY 14624 (US). (74) Agent: DUDLEY, Mark, Z.; 343 State Street, Rochester, NY 14650-2201 (US). | | (81) Designated States: AT (European patent), BE (European patent), CH (European patent), DE (European patent), DK (European patent), ES (European patent), FR (European patent), GB (European patent), GR (European patent), IT (European patent), JP, LU (European patent), MC (European patent), NL (European patent), SE (European patent). Published <i>With international search report.</i> <i>Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of the receipt of amendments.</i> |

(54) Title: METHOD FOR THE REPRODUCTION OF COLOR IMAGES BASED ON VIEWER ADAPTATION

**(57) Abstract**

Color digital image signals generated by scanning an original or by a computer color graphics application are converted to signals representing normalized cone response values based on a color adaptation model of the human visual system. The cone response values are normalized to the white point of the input color digital image. The normalized cone response values are denormalized to the viewer adaptation point of the output viewing conditions of the output medium. The denormalized cone response values are transformed to signals for reproducing the digital color image.

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公表

⑫ 公表特許公報(A)

平5-508280

⑬ 公表 平成5年(1993)11月18日

⑭ Int. Cl.⁸

識別記号

庁内整理番号

審査請求 未請求

H 04 N 1/40
1/46D 9068-5C
9068-5C

予備審査請求 有

部門(区分) 7(3)

(全 8 頁)

⑯ 発明の名称 観察者の順応に基づきカラー画像の再生を行なう方法

⑰ 特 願 平4-508856

⑱ 出 願 平4(1992)3月31日

⑲ 翻訳文提出日 平4(1992)12月1日

⑳ 国際出願 PCT/US92/02573

㉑ 国際公開番号 WO92/17982

㉒ 国際公開日 平4(1992)10月15日

優先権主張 ㉓ 1991年4月1日 ㉔ 米国(US) ㉕ 678,485

⑳ 発 明 者 スタット デイビッド ジョン アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14624 ロチエスター アンバ
リー サークル 6㉑ 出 願 人 イーストマン コダック カン アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14650 ロチエスター スター
バニー ト ストリート 343

㉒ 代 理 人 弁理士 吉田 研二 外2名

㉓ 指 定 国 AT(広域特許), BE(広域特許), CH(広域特許), DE(広域特許), DK(広域特許), ES(広域特許), FR
(広域特許), GB(広域特許), GR(広域特許), IT(広域特許), JP, LU(広域特許), MC(広域特許), N
L(広域特許), SE(広域特許)

請求の範囲

1. 予め定められた観察者が順応する状態にある出力媒体上にカラーのデジタル画像を再生する方法であって、以下のステップ、即ち、

- 入力カラーデジタル画像を表わす信号と、入力カラーデジタル画像に関し観察者が順応する条件を提供するステップと、
- 人間の視覚系の色順応のモデルに基づき、入力カラーデジタル画像信号を、それに対し観察者が順応するホワイトポイントに正規化された正規化離状態応答値を表わす信号に変換するステップと、
- 正規化離状態応答値を表わす信号を、出力媒体の観察者が順応するポイントにデノーマライズされた離状態応答を表わす信号に変換するステップと、
- デノーマライズされた離状態応答を表わす信号を、出力媒体上のカラーデジタル画像の再生用の信号に変換するステップと、
- 該再生用信号を用いて出力媒体上にカラーデジタル画像を再生するステップと、

2. 請求項1に記載された方法であって、

入力カラーデジタル画像はコンピュータにより作成されてCRT上に表示され、入力デジタル画像に関し観察者が順応するホワイトポイントはCRTのホワイトポイントであることを特徴とする方法。

3. 請求項1に記載された方法であって、

出力媒体は紙であって、観察者が順応する出力媒体のホワイトポイントはF2光源(蛍光灯の光)であることを特徴とする方法。

4. 請求項1に記載された方法であって、

出力媒体は紙であって、観察者が順応する出力媒体のホワイトポイントはD50光源であることを特徴とする方法。

5. 請求項1に記載された方法であって、

出力媒体は紙であって、観察者が順応する出力媒体のホワイトポイントはD65光源であることを特徴とする方法。

6. 請求項1に記載された方法であって、

出力媒体は紙であって、観察者が順応する出力媒体のホワイトポイントはA光源であることを特徴とする方法。

7. 請求項1に記載された方法であって、

出力媒体は写真用透過原稿であって、観察者が順応する出力媒体のホワイトポイントは透過型投影ランプのホワイトポイントであることを特徴とする方法。

8. 請求項1に記載された方法であって、

出力媒体は写真用透過原稿であって、観察者が順応する出力媒体のホワイトポイントは透過型投影ランプのホワイトポイントに D_{50} での透明材の選択された応答を乗じたものであることを特徴とする方法。

9. 請求項1に記載された方法であって、

入力デジタル画像は写真画像の定査により作成され、入力画像に関するホワイトポイントは、写真画像の撮影に用いられる光源のホワイトポイントであることを特徴とする方法。

10. 請求項1に記載された方法であって、

入力デジタル画像は写真画像の定査により作成され、入力画像に関するホワイトポイントは、その下で画像が観察される光源のホワイトポイントであることを特徴とする方法。

11. 請求項1に記載された方法であって、

入力画像はXYZの3刺激値で表現され、入力の色から正規化離状態応答値へ

の交換は、

$$\begin{bmatrix} P \\ G \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/P_I & 0 & 0 & | & | & | & X \\ 0 & 1/G_I & 0 & | & X & | & Y \\ 0 & 0 & 1/b_I & | & | & | & Z \end{bmatrix}$$

ここで、

$$\begin{bmatrix} P \\ G \\ b \end{bmatrix} \text{ は正規化された輝度体応答、}$$

P_I, G_I, b_I は入力画像のホワイトポイントの絶対輝度体応答、また $|V_m|$ は X, Y, Z の3刺激値の絶対輝度体応答に関する行列、

で表されるステップにより実行することと特徴とする方法。

12. 請求項11に記載された方法であって、

任意の k の値に対し、

$$\begin{bmatrix} |X| \\ |Y| \\ |Z| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1(-.38971) & k_1(-.68898) & k_1(-.07868) \\ k_2(-.22981) & k_2(1.18340) & k_2(-.04641) \\ k_3(0) & k_3(0) & k_3(1.0) \end{bmatrix}$$

であることを特徴とする方法。

13. 請求項1に記載された方法であって、

正規化輝度体応答を表す信号から、出力媒体の観察者が順応するホワイトポイントにディノーマライズした輝度体応答を表す信号への変換は、

16. 請求項1または請求項2に記載された方法であって、

入力画像が $X Y Z$ の3刺激値として表され、入力の色から正規化輝度体応答値への変換は、下記のステップ即ち、

$$\begin{aligned} r_{rel} &= ((r_{in}/r_{veqen})^{1-a_{in}} \cdot x_{in}) / r_{vln}, \\ g_{rel} &= ((g_{in}/g_{veqen})^{1-a_{in}} \cdot y_{in}) / g_{vln}, \\ b_{rel} &= ((b_{in}/b_{veqen})^{1-a_{in}} \cdot z_{in}) / b_{vln}. \end{aligned}$$

ここで、 r_{in}, b_{in}, g_{in} は、明細書の式9で決定され、このステップにより変換を実行することと特徴とする方法。

17. 請求項1および請求項2に記載された方法であって、

出力画像は $X Y Z$ の3刺激値により表され、正規化輝度体応答値から出力3刺激値への変換は、

$$\begin{aligned} r_{out} &= r_{rel}^{out} \cdot r_{vout} / (r_{vout}/r_{veqen})^{1-a_{out}}, \\ g_{out} &= g_{rel}^{out} \cdot g_{vout} / (g_{vout}/g_{veqen})^{1-a_{out}}, \\ b_{out} &= b_{rel}^{out} \cdot b_{vout} / (b_{vout}/b_{veqen})^{1-a_{out}}, \end{aligned}$$

のステップにより変換を実行することと特徴とする方法。

18. 請求項1に記載された方法であって、

さらに、入力コントラストおよび入力の順応度に応じて正規化輝度体応答値を補正するステップを含むことを特徴とする方法。

19. 請求項18に記載された方法であって、

$$\begin{bmatrix} P_D & 0 & 0 & | & | & P \\ 0 & G_D & 0 & | & X & | & G \\ 0 & 0 & b_D & | & | & | & b_{out} \end{bmatrix}$$

ここで、 $(P G b_{out})$ はディノーマライズした輝度体応答値、 P_D, G_D, b_D は出力媒体ホワイトポイントの絶対輝度体応答、 b_{out} は出力媒体のステップにより実行することと特徴とする方法。

14. 請求項1に記載された方法であって、

ディノーマライズされた輝度体応答を表す信号を変換するステップはさらに、ディノーマライズされた輝度体応答を表す信号を X, Y, Z の3刺激値に変換する以下のステップ、即ち、

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ V_m \\ 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P \\ X \\ b_{out} \end{bmatrix}$$

ここで V_m^{-1} は、 V_m の逆行列

で表されるステップを含むことを特徴とする方法。

15. 請求項14に記載された方法であって、

$$\begin{bmatrix} -1 \\ V_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.85995 & -1.12939 & .21990 \\ .36119 & .63881 & 0 \\ 0 & 0 & 1.08906 \end{bmatrix}$$

であることを特徴とする方法。

正規化輝度体応答値の補正は、

$$b_{base} = (r_{in}(b) \cdot b_{in} / b_{vln})^{1/a_{in}}$$

ここで、

$$r_{in}(b) = (b_{vln}/b_{equi-energy})^{1-a_{in}}$$

b_{base} = 順応の相対輝度体応答

$b_{equi-energy}$ = 入力ホワイトポイントと同一の輝度を持つ等エネルギー光源からの絶対 b 輝度体応答

b_{vln} = 入力観察条件のホワイトポイントからの絶対 b 輝度体応答

t_{in} = 入力コントラスト低下度

a_{in} = 入力の順応度

により実行されることを特徴とする方法。

20. 請求項1に記載された方法であって、

さらに、出力コントラストおよび順応度に応じて正規化輝度体応答値を補正するステップを有することを特徴とする方法。

21. 請求項20に記載された方法であって、

正規化輝度体応答値の補正は、

$$b_{out} = b_{base} \cdot b_{vout} / r_{out}(b)$$

ここで、

$$r_{out}(b) = (b_{vout}/b_{equi-energy})^{1-a_{out}}$$

b_{out} = 出力のホワイトポイントからの絶対色度値
 t_{out} = 出力コントラストの低下度
 s_{out} = 出力の順応度

観察者の順応に基づきカラー画像の再生を行なう方法

により実行されることを特徴とする方法。

2.2. 請求項1に記載された方法であって、

さらに、入力コントラストおよび入力順応度に応じて正規化色度値の補正を行なうステップと、出力コントラストおよび出力順応度に応じて正規化色度値の補正を行なうステップを有することを特徴とする方法。

発明の技術分野

本発明は、1) カラー画像の再生、より詳細には、カラーモニター画面に映されたカラー画像と視覚的に等色となるカラー画像を再生する方法であって、コンピュータ内でのデジタル・カラー画像の処理を行なうステップを含み、2) ビジュレーション(visulation)のツールとしてカラーモニターを用いてコンピュータ上で作成した画像や図形の再生方法に関する。

発明の背景技術

デスクトップ・パブリッシングにおいては、ビジュレーションのツールあるいは参考用としてカラーモニターを使用し、グラフィックスやテキストなど対象物の選択あるいは操作を行なって図形、グラフィック、イラストレーションを作成する方法が知られている。対象物の操作にはカラーの選択や調整が含まれる。このような場合、画面上での見え方(ビジュアル・アピアランス)が再生のための参考または原画像となる。つまり、モニターで見る色が即ちシステムからハードコピーに作り出したい色となる。

グラフィックスの分野では、カラー画像を作成する方法として、原画を造像してデジタルのカラー画像信号を生成し、デジタルコンピュータによりそのデジタル・カラー画像信号を処理して加工されたデジタル・カラー画像を作成し、加工済デジタル画像信号からカラー画像を再生する方法が知られている。この形式の再生では、色を元のカラー画像の色と等色とするような試みがなされる。現在のシステムでは、ネガ画像や他のハードコピー形式の画像を造像して原画を処理するが、最近では、まず操作者により画像を映し出し、操作者がコンピュータとインタフェースし、公知のカラー・デジタル画像処理技術により、カ

ラーモニターを使って作成物を見ながら画像を作成するようなアプリケーションが指向されるようになってきている。

カラーのデジタル画像処理においては、人間の目が3色を知覚するモデルに基づいて行なう試みがされてきた。このいわゆる「3刺激値」法は、人間の目は3色を直線的かつ独立に知覚すると考えられることから、独立した色の直線的な開放の合成から3色の信号を決定するものである。正常な色覚をもつ人は同一観察条件下では同一3刺激値の色と同じに知覚することから、このような従来システムでは、原画と再生画間のいわゆる測色的な等色、即ち3刺激の等色化を達成することが目標であった。ここで原画とはカラーCRT画像あるいは原写真などの原画像であり、再生画とはカラープリンタあるいはカラー・フィルムスキャナーにより作成されるCRT画像あるいはハードコピーである。

1つの方法は、エイクラ(Eichler)他に対し1983年10月11日発行の米国特許第4,409,614号に記載されている。それによれば、カラーフィルムスキャナーなどのスキャナーからの信号(E_R , E_G , E_B)を3色覚に基づく3原色の信号(X , Y , Z)に変換する。この信号はD₆₅光源に対してホワイトバランスの調整をした後、再生システムの基本発色材に合った色信号に変換することができる。ある実施形態においては、原色の信号をビデオテープレコーダに記録する。変換信号を修正する手段を備えており、これによりレコーダからの原色信号を再生システム向きの信号に修正し、その効果を示すためカラーテレビに表示する。所望の結果が得られると、上記の修正信号をプリンタに供給する。

他の1つの方法は、シュレイバー(Schreiber)に対し1985年2月19日に発行の米国特許第4,500,919号に記載されているもので、フィルムスキャナーで作成された3刺激値信号を、出力媒体向きの修正を施すことなくCRTに表示する。操作者の美的感覚に基づいて3刺激値信号の校正を行ない、その結果をCRTで観察する。CRTに所望の結果が得られると、校正された3刺激値を用いて、出力媒体で測色的に等色となるような対応する色再現のための信号を得る。

上に述べた従来の2つの方法には、原画と再生画を観察する環境条件は同一で

あるとの仮定がある。その場合のみ測色的な等色とビジュアル・アピアランスの等色とは等価であるので、この仮定は重要である。これは、観察者の眼が周囲の照明条件の色温度に適応し、異なる光源の下で測色した値が著しく変化してもビジュアル・アピアランスは一定に見える「順応」と呼ぶ現象があるためであって、もし原画と再生画が異なる照明条件の下で「測色的に」等色であっても、異なる照明条件下に順応した観察者にとっては、画像は同一の色には見えない。このため、従来方法においては、原画と再生画との観察条件を同一とするために非常に多くの努力が払われてきた。この点については例えば上記の米国特許第4,500,919号を参照されたい。

しかし、同一の観察条件を用意するには光ボックスや観察ブースで構成した高価な設備を必要とし、デスクトップ・パブリッシング市場には実用的でない。さらに従来方法によるシステムでは、ある観察条件で得られた最良の再生画像が、別の観察条件では最良のものでなくなるという問題があった。

発明の概要

したがって本発明の主たる目的は、画像や図などをカラーモニター画面上で割り、作成、観察し、カラーのハードコピーを作成する方法にある。その方法によって、モニター画面上で見る原画像と、異なる照明条件下で見るそのハードコピーとの間のビジュアル・アピアランスを等しくする。

本発明の目的はさらに、特別の照明条件を形成する装置に依存することなく、モニター上の原画像とその再生画像を観察する方法を提供することにある。

さらに本発明の目的は、カラーモニター上に作成されたカラー画像の再生を、順応という人間の視覚現象のモデルを用いておこなう方法を提供することにある。

上記の諸目的は本発明の、カラーモニター上に形成される画像に対応するデジタル画像信号を、人間の視覚系の色順応のモデルに基づく正規化色度値を改変する信号に変換することにより達成される。

色度値信号は、入力カラーデジタル画像に対し、観察者が順応するホワイトポイント値を基準として正規化(ノーマライズ)される。次に、正規化し

た推状体応答信号を、出力媒体の観察者の順応ポイントにディノーマライズ (de normalize) した応答信号に変換する。さらに、ディノーマライズされた推状体応答を逐次信号を、出力媒体にデジタルカラー画像を再生するための信号に変換する。そして最終的にこの再生用信号を用いてデジタル画像を出力媒体に生成する。

図面の簡単な説明

図1は、本発明によるデジタルカラー画像の処理をおこなうシステムの概略図である。

図2は、本発明によるカラー画像信号を生成し、処理し、表示するステップを示す概略図である。

図3は、図2に示した観察者が順応するステップに用いられるステップを示す概略図である。

図4は、本発明による観察者が部分順応するプロセスに用いられるステップを示す概略図である。

発明の詳細な説明

はじめに本明細書を通じて「画像」なる用語を用いているが、これは主として走査によりシステムに取り込まれる画像をいい、さらに、グラフィック、棒グラフその他の形式の図とともに、操作者によってまず最初にカラーモニターの画面に作りだされる画像を含むことを意図している。

本発明のカラー画像を処理する方法を図1に示す。画像処理システムは、例えばネガフィルムにある画像をコンピュータ12に取り込みたい場合に、例えばカラーフィルムスキャナー、電子カメラ、コンピュータカラーグラフィックス発生器などの入力装置10を接続することができる。

入力装置10はデジタルカラー信号R、G、Bをコンピュータ12に供給する。コンピュータ12は、汎用のパーソナル・コンピュータもしくは画像やグラ

フレイムポイント用にディノーマライズし、表示のために3刺激値に変換する。

以下に図2に基づき説明する。本方法による画像の生成および表示は以下のように行なう。

入力装置10により生成されたデジタルカラー情報の信号R、G、Bは、コンピュータ12内の入力校正・変換機能112に入力される。R、G、B信号はこの入力校正・変換機能112により例えば3刺激値の色空間X、Y、Zのようなレファレンス色空間の形でカラー画像信号に変換される。あるいはコンピュータ12内のアプリケーション・プログラムを用いて、R、G、B信号を操作者が作成してもよい。3刺激値のX、Y、Zの信号源に無関係に、これらは観察者の順応の変換機能114により信号X、Y、Z'、X、Y、Z''、X、Y、Z'''に変換される。一般的には、入力校正機能112、観察者の順応機能114は、出力校正機能116、118および表示校正機能120とともに、コンピュータ12上で実行されるソフトウェアにより実現する。コンピュータ12は観察者の順応の変換114によって、1つないしそれ以上の観察条件下での1つないしそれ以上の出力媒体へのアビランクスがカラーモニター18の画面に写される画像と等色となるように、あるいはまた、モニター18あるいはそれぞれの出力媒体の観察条件に順応した観察者によって観察される相互の画像が等色となるように、3刺激値X、Y、Z'、X、Y、Z''、X、Y、Z'''を色順応させる。ここでアビランクスは等色とは、個々の入力または出力の観察条件に順応した観察者が、各画像が等色であると主観的に感ずることをいう。観察者は特定の画像あるいは出力媒体に固有の観察条件に順応するので、画像の個々の組み合わせの比較は必ずしも必要でない。

順応された3刺激値X、Y、Z'あるいはX、Y、Z''は出力校正プロセス116または118により変換され、それぞれ信号R、G、B'またはR、G、B''を生成して、カラーモニター18などの第1の出力装置あるいはサーマルプリンタなどの第2の出力装置20を、公知の方法により駆動する。

観察者の順応の変換機能114のためのステップを、図3を参照して以下に説明する。

まず、画像の3刺激値X、Y、Zを絶対推状体応答 PGB_{10} に変換する(24)

フィックの処理用の専用設計されたパーソナル・コンピュータのいずれでもよく、操作者の制御により例えばグラフィック対象の表示および画像の生成・処理を行なう。操作者はカラーモニター18を見ながらキーボードやマウスなどの入力装置14を用いて制御する。処理済または未処理の画像、グラフィック情報、テキストは、磁気または光記憶装置などのデータ記憶装置16に格納できる。カラーモニター18に写された処理済または未処理のカラーデジタル画像は、ハードコピーとしてハードコピー出力装置20に再生される。ハードコピー出力装置20は例えばサーマルプリンタ、レーザープリンタなどである。

本発明によれば、モニターに写された画像のビジュアル・アビランクスを、人間の順応機構のモデル化によって、出力表示されるハード/ソフトコピーと等色とする。ここで、ビジュアル・アビランクスが等色であるとは、観察者の眼が個々の観察条件に順応し、対象物が既知か未知にかかわらず、それら対象物の色を観察条件に無関係に同一と感ずることをいう。例えば白いワイシャツは、ビルのなかの非常に暖かい白熱灯の下でも、蛍光灯あるいは屋外の冷たい光の下でも、同じ白色に見える。人間の眼のこの順応メカニズムは複雑であり、一部分しかわかっていないが、本発明の目的に於いては以下の2つに分類できる。即ち「全順応」および「部分順応」である。全順応は一般に、日中の屋外あるいは十分に照明された部屋などの明かるい環境において起こる。その特徴は、通常の人間は異なる照明下での白や色の違いに、大抵は全く気づかないことである。

部分順応は一般に暗い照明環境の下で生ずるもので、下記の2つの現象を特徴とする。即ち第1に、観察者は白い対象を明らかに白でない色合に見える。例えば通常の白熱灯の下では黄緑色見え、また十分な月光の下では青みがかって見える。第2に、暗い部屋に相当明るい画像が投影されたとき、コントラストの識別能力が著しく低下する。

本発明は、これらの現象を予測し、コンピュータやテレビの表示とハードコピー・カラー出力との間のビジュアル・アビランクスを一定に保つよう補正する。

100%の全順応においては、デジタル画像を画像光源のホワイトポイントで正規化した順応推状体応答に変換し、ビジュアル・アビランクスを出力のハードコピーあるいはソフト表示と等色とする。次にその正規化した画像を表示のホ

。この変換には、R、W、G、ハント(Hunt)により提唱された、順応の等エネルギー状態用に修正したモデルのような、人間が色を認識する場合の色順応モデルを使用する。(参考文献:「ザ・プロダクション・オブ・カラー(The Production of Color)」第4版 A2、2節、ファウンテン・プレス(Fountain Press)、1987年)

$$(PGB_{10}) = \{V_m\} \times \begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix}, \quad (2)$$

$$\text{ここで、}\{V_m\} = \begin{bmatrix} -0.38971 & -0.68898 & -0.07868 \\ -0.22981 & 1.18340 & 0.04641 \\ 0 & 0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

が、ハントのモデルによる、3刺激値を順応の等エネルギー状態(即ち X_0 、 Y_0 、 $Z_0 = 1$)の絶対推状体応答に変換するための変換行列である。

$$\text{なお、}\{V_m\} \text{に任意のベクトル} \begin{Bmatrix} k1 \\ k2 \\ k3 \end{Bmatrix}$$

を乗じて本発明には影響ないことに注意されたい。

次に、絶対推状体応答を、所望の画像の光源のホワイトポイントに正規化する(26)。これは画像の等エネルギー推状体応答値を、次式で求められる光源のホワイトポイントの等エネルギー推状体応答値 P_1 、 G_1 、 b_1 で除することにより得られる。

$$\begin{Bmatrix} P_0 \\ G_0 \end{Bmatrix} = \{V_m\} \times \begin{Bmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{Bmatrix} P_0 \\ G_0 \end{Bmatrix} \quad \begin{Bmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{Bmatrix}$$

ここで X_1 、 Y_1 、 Z_1 は画像の光源のホワイトポイントの3刺激値であり、コンピュータによりCRT上に生成した画像の場合は、モニターのCRTホワイトポイントの3刺激値である。

画像の光源のホワイトポイントは、画像が記録されるときに測定し、例えば、

B-C. リー (Lee) に対し1987年8月4日付で発行された、米国特許第4,685,701号に示される方法によって画像から値を求めるか、もしくは画像の生成時の環境から、フィルムスキャナーやCRTなどのホワイトポイントを知ることを求めることができる。

正規化階状体応答 PGB_{in} は次式により与えられる。

$$\begin{bmatrix} |P| \\ |G| \\ |b_{in}| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/P_1 & 0 & 0 \\ 0 & 1/G_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/b_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} |P| \\ |G| \\ |b_{in}| \end{bmatrix} \quad (3)$$

正規化階状体応答は次に、それらに所望の表示装置または出力観察条件のホワイトポイントの絶対階状体応答を乗することにより、ディノーマライズされる(28)。その結果、次式で与えられる絶対出力階状体応答 PGB_{out} が得られる。

$$\begin{bmatrix} |P| \\ |G| \\ |b_{out}| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_D & 0 & 0 \\ 0 & G_D & 0 \\ 0 & 0 & b_D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} |P| \\ |G| \\ |b_{in}| \end{bmatrix} \quad (4)$$

ここで、 P_D, G_D, b_D は出力装置のホワイトポイントの絶対階状体応答値であり、次式で定められる。

$$\begin{aligned} |P_D| &= |X_D| \\ |G_D| &= |Y_D| \\ |b_D| &= |Z_D| \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、 (X_D, Y_D, Z_D) は所望の表示装置または出力の観察条件のホワイトポイントの3刺激値である。

最後に、ディノーマライズした出力階状体応答を、前述の人間の色認識の順応モデルを逆に適用することにより、出力3刺激値 X, Y, Z' に変換する(30)。

$$\begin{aligned} |P| \\ (X, Y, Z') &= [V_m^{-1}] |G| \\ |b_{out}| \end{aligned}$$

出力順応の状態についての正しい階状体応答を決定するには、 b 階状体の次式を用いる。

$$b_{out} = b_{rel} G_{out} b_{vout} / f_{out}(b), \quad (8)$$

ここで、

$$f_{out}(b) = (b_{vout}/b_{vegen})^{1-a_{out}}$$

b_{vout} = 出力の観察条件におけるホワイトポイントからの b 階状体応答

G_{out} = 出力コントラストの低下度

a_{out} = 出力の順応度

適切な置換を行なうと次式が得られる。

$$\begin{aligned} f_{out} &= f_{rel} G_{out} f_{vout} / (f_{vout}/f_{vegen})^{1-a_{out}}, \\ g_{out} &= g_{rel} G_{out} g_{vout} / (g_{vout}/g_{vegen})^{1-a_{out}}, \\ b_{out} &= b_{rel} G_{out} b_{vout} / (b_{vout}/b_{vegen})^{1-a_{out}}, \end{aligned}$$

コントラスト低下度の項、 G_{in} および G_{out} はそれぞれ、入力および出力の観察条件に対し1.0ないし1.4の値をとり、

暗い照明の室内におけるビデオディスプレイ装置 (VDU) に対しては、

1.05ないし1.1、

平均的な明るさの室内で観察するハードコピー出力に対しては1.0、

暗くした室内で投影されるスライドに対しては1.1ないし1.4、

また、入力順応係数 a_{in} は通常1.0とする。一方、出力順応係数 a_{out} は可

ここで、

$$[V_m^{-1}] = \begin{bmatrix} 1.91022 & -1.11214 & .20191 \\ .37094 & .62906 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

部分順応のケースは全順応と極めて類似の方法でモデル化できる。即ち、画像の3刺激値を上述の階状体応答の r, g, b に変換する。次に、順応の説明のため、ハント・モデルの近似である b_{cones} に対する次の式を用いて階状体応答を修正する。

$$b_{rel} = (f_{in}(b) b_{in} / b_{vin})^{1/G_{in}} \quad (7)$$

ここで、

$$f_{in}(b) = (b_{vin} / b_{vegen})^{1-a_{in}} b_{rel} \quad \text{— 相対の順応階状体応答}$$

b_{vegen} = 入力ホワイトポイントと同一輝度の等エネルギー光源からの b 階状体応答

b_{vin} = 入力観察条件におけるホワイトポイントからの b 階状体応答

G_{in} = 入力コントラスト低下度

a_{in} = 入力の順応度

適切な置換を行なうと、次式が得られる。

$$\begin{aligned} f_{rel} &= ((x_{vin}/x_{vegen})^{1-a_{in}} x_{in})^{1/G_{in}}, \\ g_{rel} &= ((y_{vin}/y_{vegen})^{1-a_{in}} y_{in})^{1/G_{in}}, \\ b_{rel} &= ((b_{vin}/b_{vegen})^{1-a_{in}} b_{in})^{1/G_{in}}. \end{aligned}$$

度であり、戸外の屋外あるいは十分な照明下の室内の場合は1.0、月光の場合は0.0とする。通常のオフィスの照明条件での a_{out} は約.6、CRTを観察する状況下では約.4、また暗くした室内でスライドを観察する状況下では.2を使用する。

図4は、本発明の、部分順応の観察条件に対する画像処理に用いるステップを示している。3刺激値 X, Y, Z を階状体応答 PGB_{in} に変換し(124)、階状体応答を入力ホワイトポイントに正規化する(126)。次に、式(7)にしたがって入力コントラストおよび入力順応度に応じた正規化階状体応答を修正し(128)、順応階状体応答 PGB_{base} を得る。次に式(8)を用いて、順応階状体応答を出力観察条件に応じた修正を行ない(130)、 PGB_{out} を生成する。

次に、出力の順応階状体応答を、式(4)により、出力観察条件の周囲のホワイトポイントにディノーマライズする(132)。そして最後に、ディノーマライズされた階状体応答をレファレンス色空間 X, Y, Z' に変換する(134)。

本発明の処理は以下のように実行される。仮定として、対象物は赤、緑、青の色相を有し、CRTの白色のフィールドに対して映し出されるものとする。また、3色の相対3刺激値は以下の通りと仮定する。

| 色相 | X | Y | Z |
|----|-------|-------|-------|
| 赤 | 0.365 | 0.222 | 0.324 |
| 緑 | 0.077 | 0.146 | 0.133 |
| 青 | 0.047 | 0.036 | 0.154 |

さらに、画面上の周囲の白(ホワイトポイント)の正規化階状体応答は以下の通りとする。

| | P_1 | G_1 | b_1 |
|---|-------|-------|-------|
| 白 | 0.974 | 1.015 | 1.168 |

さて、この対象物が紙の上に印刷され、この紙は冷白色の蛍光灯 (P_2 光源) のオフィスにおいて観察されるとする。印刷に用いた用紙の正規化階状体応答は、このオフィス照明の下では下記の通りとなる。

| | P_D | G_D | b_D |
|--|-------|-------|-------|
|--|-------|-------|-------|

1. 016 . 991 . 763

この紙に、パッチの相対色度がCRT画面のものと同一となるように赤、緑、青のパッチを再生しても観察者には同一の色とは見えない。これは、VDU画面を観察するときは観察者は画面の白色に紙に順応しており、紙の印刷を観察するときには紙の白色に順応するためである。このためパッチを、式1から6に記した変換式を用いて、下記の相対色度により再生する。

| 色相 | X | Y | Z |
|----|-------|-------|-------|
| 赤 | 0.369 | 0.223 | 0.212 |
| 緑 | 0.081 | 0.145 | 0.087 |
| 青 | 0.039 | 0.036 | 0.101 |

上述のように、CRT上の色と紙に印刷された色は「測色的には」等色ではない。しかし、それぞれの観察条件に順応していく観察者にとっては、それらは同一色のパッチに見えることとなる。

一方、白熱灯の下で出力が観察される場合には、紙の正規化輝度応答を、1.090、.947、.350とすると、式1から式6に記した順応の変換式を用いて、以下の相対色度により再生する。

| 色相 | X | Y | Z |
|----|-------|-------|-------|
| 赤 | 0.395 | 0.226 | 0.097 |
| 緑 | 0.097 | 0.145 | 0.040 |
| 青 | 0.035 | 0.036 | 0.046 |

もし、モニターがさらに青の強いホワイトポイント、例えば0.963、1.0、1.731である場合には、上例のアビラランスを生ぜしめるためにはCRTに以下の色度で表示することとなる。

| 色相 | X | Y | Z |
|----|-------|-------|-------|
| 赤 | 0.366 | 0.221 | 0.480 |
| 緑 | 0.074 | 0.147 | 0.197 |
| 青 | 0.057 | 0.036 | 0.023 |

以上の例はCRT用の照明、画面および紙とその周辺の出力観察条件はかなり明るい（即ち全順応）と仮定している。

仮に、CRT画面の周辺が暗く、一方、紙の観察条件は明るいとする。このような条件下では、CRT画面には部分順応モデルの適用が相応しく、CRTコントラストは1.1を使用するのがよい。入力観察条件に部分順応を、また出力観察条件には全順応を適用し、紙の色度は式1ないし3、および8を用いて、

| 色相 | X | Y | Z |
|----|-------|-------|-------|
| 赤 | 0.407 | 0.256 | 0.238 |
| 緑 | 0.103 | 0.173 | 0.106 |
| 青 | 0.051 | 0.049 | 0.121 |

となる。

次に、紙は明るい蛍光灯で照らされ、その光を除けば室内は非常に暗い状態にあると仮定する。この場合は、入力、出力両方の観察条件に対して部分順応を適用するのがよい。出力コントラスト項の適正な値は1.4であり、式7-8から得られる色度は、

| 色相 | X | Y | Z |
|----|-------|-------|-------|
| 赤 | 0.274 | 0.149 | 0.149 |
| 緑 | 0.039 | 0.086 | 0.048 |
| 青 | 0.018 | 0.014 | 0.058 |

となる。

次に、CRTおよびその周辺が十分に照明され、一方、F2の下で観察される出力は極めて暗い場合には、部分出力順応度はその明るさに応じて、1から0の間の値を取りうる。下記の表は、異なる順応度に対して適性な出力となる赤の色度を示している。

| 赤 | 順応度 | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 100% | 80% | 50% | 20% | 0% |
| X | .3691 | .3636 | .3557 | .3483 | .3437 |
| Y | .2234 | .2197 | .2144 | .2091 | .2057 |
| Z | .2116 | .2199 | .2328 | .2465 | .2561 |

上記の結果は、入力および出力ホワイトポイントに対する値として下記、表1を適用することによって得られる。

表 1

| | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| D ₆₅ - 昼光 | X | Y | Z |
| | .950 | 1.0 | 1.089 |
| | P | G | b |
| | .974 | 1.016 | 1.089 |
| D ₅₀ - 昼光およびタングステン色の組み合わせ | X | Y | Z |
| | .964 | 1.00 | .825 |
| | P | G | b |
| | 1.00 | 1.0 | .825 |
| A - タングステン (2850°K) | X | Y | Z |
| | 1.098 | 1.00 | .356 |
| | P | G | b |
| | 1.098 | .947 | .356 |
| F ₂ - 蛍光灯 | X | Y | Z |
| | .992 | 1.0 | .674 |
| | P | G | b |
| | 1.023 | .978 | .674 |
| A光源で投影されたエタクローム (商標名) 100Tフィルム | X | Y | Z |
| | 1.075 | 1.0 | .348 |
| | P | G | b |
| | 1.081 | .953 | .348 |

例えば、入力は写真のカラーズライド、出力はF₂の照明下で観察されるハードコピーの場合、操作者は以下の選択を行なう。即ち、もし、操作者がハードコ

ピー出力のアビラランスを原図のアビラランスと等色させたい場合、PGB₁は原図の光線（例えば、表1のD₆₅）のホワイトポイントに対する順応の応答である。一方、もし操作者が出力のアビラランスをプロジェクターにより観察されるカラーズライドのアビラランスと等色させたい場合には、PGB₁はプロジェクターのホワイトポイントに対する順応の応答にD₆₅のスライド材料（例えば表1のエタクローム100およびA光源）の分光透過率を乗じたものとなる。

これらの値の表はコンピュータ12に蓄積され、入力装置14を用いて操作者によりメニュー選択される。

ハードコピー入力に対しては、ホワイトポイントは紙の反射率および光源の分光強度（即ち与えられた光源の下での紙のホワイトポイント）により定まる。ハードコピー出力に対するPGB₀を生成するには、与えられた光源により照らされるハードコピー用紙のサンプルおよびホワイトポイントX、Y、Z₀をラジオメーターで読み取る。

次に順の応答を式(1)を用いて計算する。異種のハードコピー用紙と、異種の光源により測定を行ない、上と同様に操作者の入力手段14によりメニューから操作者がアクセスできるように、画像処理コンピュータに蓄積する。

図3および図4に記した処理のすべては、単一の3次元ルックアップ・テーブルとしてコンピュータに実装することができる。したがって、3次元のルックアップ・テーブルを利用する形式のカラー処理システム、例えば1990年9月28日提出の米国特許出願、出願番号07/590,375、題名「選択された複製の図像の交換を行なう複合同様交換モジュールをプログラムするためのカラー図像処理システム」(この出願は本出願とともに譲渡されるもので、ここに参考のため掲載した)に記載のシステムなどにおいて実施しうるものである。

産業上の利用分野および利点

本発明はカラーのデスクトップ・パブリッシングに有用であり、CRT画面に現われる図像と同一の図像を任意の出力に生成することができ、しかもコンピュータのカラー特性の所制益や高価な照明条件（環境）を必要としないという利点

を有する。

FIG. 1
(PRIOR ART)

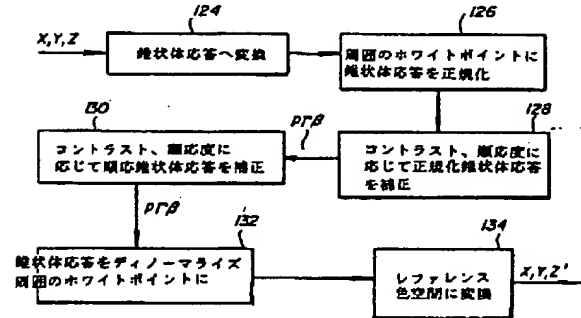
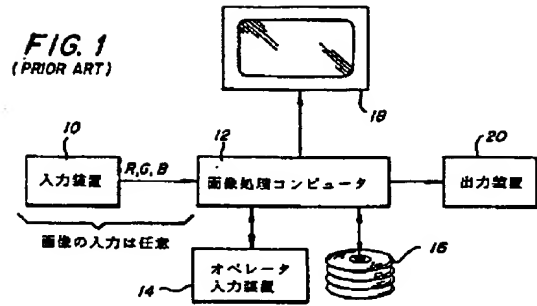


FIG. 4

要 約 書

原画の走査により、あるいはコンピュータのカラーグラフィックス・アプリケーションにより生成されるカラーのデジタル画像信号を、人間の視覚系における色の順応のモデルに基づく正規化階状体応答値を表わす信号に変換する。階状体応答値を入力カラーデジタル画像のホワイトポイントに正規化する。正規化した階状体応答値を、出力媒体の出力観察条件において観察者が順応するポイントにディノーマライズする。そしてディノーマライズした階状体応答値を、デジタルカラー画像を再生するための信号に変換する。

FIG. 2

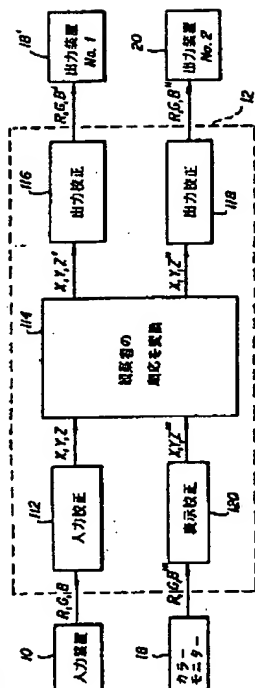
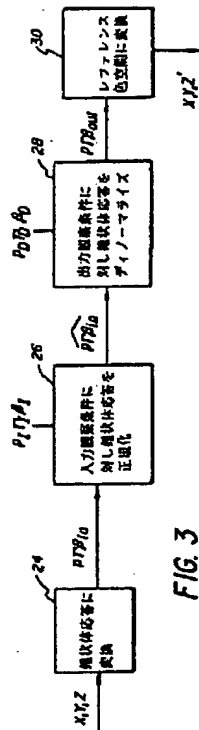


FIG. 3



国際調査報告

International application no. PCT/US 92/02573

| | |
|---|--|
| C. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (Classification of International Patent Classifications (IPC) or to the extent possible, Classification of IPC) | |
| IPC: H 04 N 1/46 | |
| E. PUBLICATION | |
| Publication No. H 04 N | |
| D. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | |
| Category | Relevance to the International Search Report |
| A | EP, A2, 0378448 (THE MEAD CORPORATION) 18 July 1990, see column 8, line 4 - column 9, line 7; figure 3 |
| A | EP, A2, 0395452 (CANON KABUSHIKI KAISHA) 31 October 1990, see the whole document |
| A | US, A, 4409614 (HELMUT EICHLER ET AL) 11 October 1983, see claim 1 |
| A | US, A, 4500919 (WILLIAM F. SCHREIBER) 19 February 1985, see the whole document |
| F. OTHER INFORMATION | |
| Date of the International Search Report: 29th July 1992 | |
| Date of the International Search Report: 09.03.92 | |
| Name of the International Search Authority: EUROPEAN PATENT OFFICE | |
| Name of the International Search Authority: A. HOLMBERG | |

Form PCT/US 92/02573 (July 1992)

International application no. PCT/US 92/02573

| | |
|--|---|
| D. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (Continued from the previous sheet) | |
| Category | Relevance to the International Search Report |
| A | US, A, 4685071 (HSIEN-CHIE LEE) 4 August 1987, see the whole document |
| A | US, A, 4884130 (J.R. HUNTSMAN) 28 November 1989, see the whole document |
| A | WO, A1, 9102427 (EASTMAN KODAK COMPANY) 21 February 1991, see page 7, line 7 - page 8, line 7 |

Form PCT/US 92/02573 (July 1992)

国際調査報告

PCT/US 92/02573

3A 59084

This document contains the report of the International Search Authority on the International Search Report. The International Search Authority is not responsible for the accuracy of the information contained in this report.

| International Patent Classifications (IPC) | Publication date | Patent number | Publication date |
|--|------------------|----------------|------------------|
| EP-A2- 0378448 | 18/07/90 | JP-A- 2289367 | 29/11/90 |
| EP-A2- 0395452 | 31/10/90 | US-A- 4941038 | 10/07/90 |
| US-A- 4409614 | 11/10/83 | JP-A- 2289367 | 28/11/90 |
| US-A- 4500919 | 19/02/85 | JP-A- 2289367 | 06/12/90 |
| US-A- 4685071 | 04/08/87 | DE-A- 2844158 | 17/04/80 |
| US-A- 4884130 | 28/11/89 | EP-A- 0020494 | 07/01/81 |
| WO-A1- 9102427 | 21/02/91 | GB-A- 2043279 | 01/10/88 |
| | | WO-A- 80/00753 | 17/04/80 |
| | | EP-A- 0100126 | 16/05/84 |
| | | WO-A- 83/03941 | 10/11/83 |
| | | EP-A- 0218528 | 21/04/87 |
| | | JP-T- 62500325 | 05/02/87 |
| | | WO-A- 85/05643 | 25/09/86 |
| | | EP-A- 0340033 | 02/11/89 |
| | | JP-A- 1213724 | 19/12/89 |
| | | EP-A- 0437501 | 24/07/91 |
| | | JP-T- 4501198 | 27/02/92 |
| | | US-A- 5051856 | 01/10/91 |

Form PCT/US 92/02573 (July 1992)

Form PCT/US 92/02573